

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
17. Januar 2002 (17.01.2002)

PCT

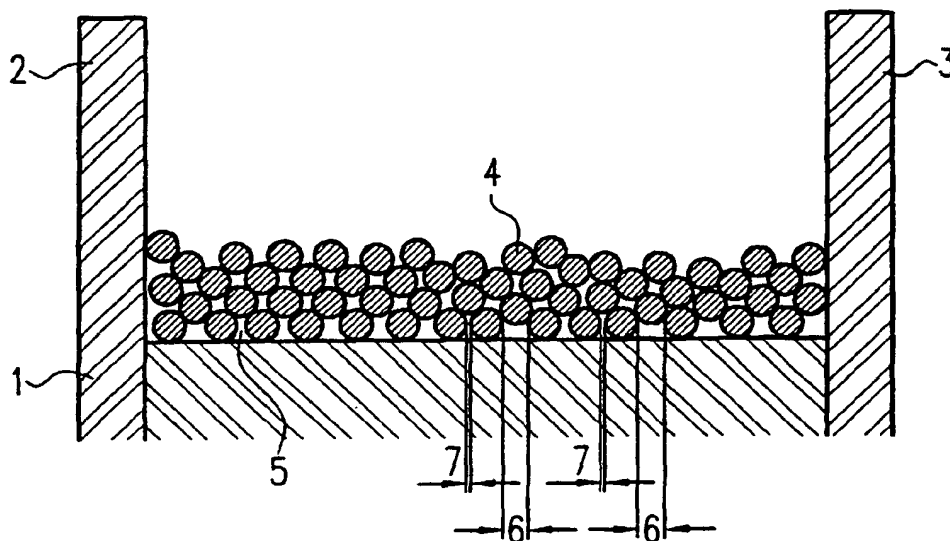
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 02/04892 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **G01C 19/72** (72) Erfinder; und  
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **BÜSCHELBERGER, Hanns, J.** [DE/DE]; Tarodunumweg 95, 79199 Kirchzarten (DE). **MÜLLER, Hans, G.** [DE/DE]; Am Oberen Kirchweg 6a, 79258 Hartheim (DE). **RUH, Felix** [DE/DE]; Elsässerstrasse 45, 79110 Freiburg (DE). **VÖLKER, Claus** [DE/DE]; Talstrasse 8, 79286 Glottental (DE). **WEINER, Anja** [DE/DE]; Herbolzheimerstrasse 21, 79336 Herbolzheim (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP01/05414
- (22) Internationales Anmeldedatum: 11. Mai 2001 (11.05.2001)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität: 100 33 541.1 11. Juli 2000 (11.07.2000) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **LITEF GMBH** [DE/DE]; Lörracher Strasse 18, 79115 Freiburg (DE).
- (74) Anwalt: **MÜLLER, Frithjof, E.**; Müller & Hoffmann, Innere Wiener Strasse 17, 81667 München (DE).
- (81) Bestimmungsstaat (national): US.
- (84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: FIBER OPTIC COIL FOR A FIBER OPTIC MEASURING SYSTEM AND METHOD FOR PRODUCING THE SAME

(54) Bezeichnung: LICHTLEITFASERSPULE FÜR EINE FASEROPTISCHE MESSEINRICHTUNG UND VERFAHREN ZU DEREN HERSTELLUNG



(57) Abstract: The invention relates to a fiber optic coil for a fiber optic measuring system. The aim of the invention is to reduce the sensitivity of a fiber optic coil to temperature transients along the fiber optic (4) of the coil and to reduce reciprocity errors in fiber optic Sagnac interferometers caused by this sensitivity. To this end, the fiber optic (4) is wound up on a winding element (1) in a quadrupole winding pattern in directly consecutive winding layers in such a manner that the windings in the individual winding layers have as many points of intersection as possible at irregular intervals. The intervals between the individual windings in every winding layer are variable, on average, however, they correspond to approximately half the diameter of the fiber optic. The fiber optic coil is preferably wound up on the winding element without using fixation or buffer elements.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 02/04892 A1

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

---

**(57) Zusammenfassung:** Zur Verminderung der Empfindlichkeit einer faseroptischen Sensorspule gegen Temperaturtransienten entlang der optischen Lichtleitfaser (4) der Spule und dadurch entstehende Reziprozitätsfehler bei faseroptischen Sagnac-Interferometern wird mit der Erfindung vorgeschlagen, die Lichtleitfaser (4) auf einen Wickelkörper (1) in einem Quadrupol-Wickelmuster in unmittelbar aufeinanderfolgenden Wickellagen so aufzubringen, dass die Windungen in den einzelnen Wickellagen in unregelmässigen Abständen eine möglichst grosse Anzahl von Überkreuzungspunkten aufweisen. Die Abstände zwischen den einzelnen Windungen in jeder Wickellage sind variabel, jedoch im Mittel entsprechen sie in etwa dem halben Durchmesser der Lichtleitfaser. Die Lichtleitfaserspule ist vorzugsweise ohne die Verwendung von Fixier- oder Puffermitteln auf den Wickelkörper aufgebracht.

**LichtleitfaserSpule für eine faseroptische Messeinrichtung  
und Verfahren zu deren Herstellung  
Beschreibung**

- 1 Die Erfindung betrifft eine LichtleitfaserSpule für eine faseroptische Messeinrichtung, insbesondere ein faseroptisches Sagnac-Interferometer, sowie ein Verfahren zu deren Herstellung.
- 5 LichtleitfaserSpulen für faseroptische Messeinrichtungen, insbesondere SensorSpulen für Sagnac-Interferometer wie faseroptische Drehratensensoren, haben die Aufgabe eine optische Phasenverschiebung zwischen zwei sich darin gegenläufig ausbreitenden Lichtwellen gemäß der Lehre des Sagnac-Effekts aufzunehmen und deren Messung mittels einer fotoelektrischen Messeinrichtung zu
- 10 ermöglichen. Messvorrichtungen dieser Art sind bekannt und werden allgemein und so auch nachfolgend kurz als Interferometer und im genannten engeren Sinn als Faserkreisel bezeichnet.

- Das Messsignal eines solchen Interferometers ist in der Praxis durch störende
- 15 Nebeneffekte überlagert. Insbesondere nichtreziproke Veränderungen des Lichtwegs innerhalb der FaserSpule führen zu Nullpunktverschiebungen des Interferometers und damit zu Fehlmessungen beispielsweise des Drehratensensors. Besonders ist hier eine Empfindlichkeit gegen Temperaturtransienten entlang der Lichtleitfaser zu nennen. Dieser Effekt wird nach seinem Entdecker als
- 20 Shupe-Effekt bezeichnet (vergleiche Shupe: Appl. Opt. 19(5), Seiten 654-655 (1980)). Während einer Veränderung der Umgebungstemperatur und daraus folgend einer Änderung des Temperaturverlaufs innerhalb der Lichtleitfaser tritt ein zur Temperaturänderungsgeschwindigkeit proportionaler Nullpunktfehler auf, der für Drehratensensoren zumindest ab einer gewissen Güteklasse zu
- 25 nicht akzeptablen Ungenauigkeiten führt.

- Es wurde bereits eine Reihe von Maßnahmen beschrieben oder vorgeschlagen, um die erwähnte Auswirkung von Temperaturänderungen gering zu halten. Kernansatz dieser Maßnahmen war in der Regel die Wärmeleitung in der Licht-
- 30 leitfaser der SensorSpule symmetrisch zu gestalten. Die theoretische Beschreibung des Shupe-Effekts lehrt nämlich, dass der Reziprozitätsfehler nur dann auftritt, wenn Teilstrecken, die einen gleichen Abstand von der Mitte der gesamten Lichtleitfaserlänge haben, ungleichen Temperatureinflüssen unterliegen. Diese Erkenntnis hat zu konstruktiven Maßnahmen geführt, die Anordnung der zu einer Spule aufgewickelten Lichtleitfaser mit der größtmöglichen thermischen

- 1 Symmetrie auszulegen. Bekanntgeworden ist vor allem die sogenannte Quadru-  
pol-Wickeltechnik (vergleiche Bergh: G.L. Report Nr. 3586, Stanford University  
1983, US 4,781,461, US 4,856,900, JP-Patent Abstracts of Japan: 63-33612 A,  
P-727, 8. Juli 1988, Band 12, Nr. 240 und 1-305310 A, P-1012, 23. Februar  
5 1990, Band 14, Nr. 101) oder die sogenannte Oktupol-Wickeltechnik (vergleiche  
EP O 614 518). Bei diesen Wickeltechniken werden die Windungen der Lichtleit-  
faser in jeder Wickellage präzise nebeneinander gelegt; Überkreuzungen und  
Lücken zwischen den einzelnen Faserwindungen sind durch eine sehr genaue  
und vergleichsweise teure Wickeltechnik zu vermeiden. Andere Lösungsansätze,  
10 wie sie beispielsweise in EP O 694 760 und US 5,546,482 beschrieben sind,  
verlangen eine Einbettung jeder Wickellage in ein elastisches Puffermaterial.

- Bei diesen bekannten Verfahren zur Reduzierung der durch den Shupe-Effekt  
verursachten nichtreziproken Veränderungen des Lichtwegs ergeben sich jedoch  
15 nach wie vor grundsätzliche systembedingte Probleme: Die Steigung der Licht-  
leitfaser von Windung zu Windung erfolgt ab der zweiten Wickellage nicht in  
einer gleichmäßigen Spirale. Die Fasern legen sich in die von der darunterliegen-  
den Lage gebildeten Nuten. Da die Steigung von Lage zu Lage ihre Richtung  
wechselt, muss pro Umdrehung eine Überkreuzung stattfinden. Der Ort dieser  
20 Überkreuzungen ist stufenförmig auf einen engen Raum begrenzt. Wie sich aus  
der schematischen Darstellung der Figur 3 der beigegeführten Zeichnung ergibt,  
liegt der Überkreuzungsbereich aller Windungen einer Lage insbesondere bei  
erwünschter enger Lagenwicklung in einem kleinen Winkelsegment  $\delta$ . Die hohen  
Anforderungen an die Präzision der Spulenwicklung bedingen aufwendige  
25 Wickelverfahren und entsprechend teure Wickelanlagen. Dabei muss vor allem  
berücksichtigt werden, dass die als Lichtleiter verwendete Glasfaser aufgrund  
ihrer Materialeigenschaften eine inhärente elastische Spannung aufweist, die be-  
strebt ist, die Faser in eine bevorzugte, in der Regel gestreckte Lage zu bringen.  
Biege- oder Torsionsspannungen innerhalb der Faser können zu einer wellenför-  
30 migen Lage der Faser auf einem Wickelkörper führen. Diese Welligkeit kann wie-  
derum zu Überkreuzungen oder Lücken zwischen den Windungen innerhalb ei-  
ner Lage führen. Für eine automatische Wicklung bedeuten diese Risiken einen  
hohen maschinellen Aufwand und hohe Fachkenntnis und Geschicklichkeit des  
Fertigungspersonals, wenn derartige Störungen vermieden werden sollen.

35

Zur Verminderung von Nichtreziprozitätsfehlern aufgrund des Shupe-Effekts ist  
aus DE 36 32 730 C2 auch schon der Vorschlag bekannt, Biegeverluste an Über-

- 1 kreuzungen dadurch zu vermeiden, dass eine nur einlagige Wicklung vorgesehen wird, die Windungen regellos verteilt bzw. vermischt und sodann mit einem Kleber in einem bestimmten Volumen fixiert werden mit nachfolgender Entfernung des Wickelkerns. Abgesehen davon, dass diese Art von Wickeltechnik un-
- 5 vermeidlicherweise zu räumlich großen Spulen führt, haben Untersuchungen gezeigt, dass die Vermeidung von Biegeverlusten zwar zu einer Verbesserung nichtreziproker Phasenfehler führt, jedoch das Shupe-Effekt-Problem nicht beseitigen kann.
- 10 Geht man gemäß einem Vorschlag von Dyott den umgekehrten Weg und randomisiert die Windungen nicht nur in axialer, sondern auch in radialer Richtung, so zeigt das Wickelmuster keine Lagenwicklung mehr und es muss, um eine räumlich kleine Spule zu erzielen, die Faserwickelscheibe mit einem Fixierungsmittel zusammengehalten werden, zumindest dann, wenn gemäß dem Vorschlag
- 15 von Dyott auf einen Spulenkörper verzichtet werden soll (vergleiche R.B. Dyott: Reduction of the Shupe effect in fiberoptic gyros; the random-wound coil, Electronics Letters, 7. November 1996, Band 32, Nr. 23, Seite 2177 und 2178).

Obgleich verfahrensmäßig relativ leicht herstellbar, lässt sich mit dieser durch

20 Zufallsverteilung aufgebrachten Wicklung gegenüber der Quadrupol-Wickeltechnik, wie sie heute in den oben erwähnten verschiedenen Verfahrensvarianten angewendet wird, keine ausreichende Verbesserung der Nullpunktdrift bei Faserkreiseln erzielen, die aufgrund vorgegebener Spezifikation in einem Temperaturbereich von beispielsweise -55 °C bis +80 °C mit hoher Genauigkeit

25 betrieben werden sollen.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, Lichtleitfaserspulen für faseroptische Sagnac-Interferometer und ein Verfahren zu deren Herstellung bereitzustellen, die sich durch überragende Nullpunktdriftfreiheit innerhalb

30 vorgegebener Temperaturgrenzen und Temperaturänderungsgeschwindigkeiten auszeichnen.

Die Erfindung ist bei einem Verfahren zur Herstellung einer Lichtleitfaserspule für eine faseroptische Messeinrichtung erfindungsgemäß dadurch gekennzeichnet, dass zur Reduzierung nichtreziproker Veränderungen des Lichtwegs in der Faserspule beim Wickeln derselben die Lichtleitfaser auf einen Wickelkörper in einem Quadrupol-Wickelmuster in unmittelbar aufeinanderfolgenden

35

1 Wickellagen so aufgebracht wird, dass die Windungen in den einzelnen Wickellagen in unregelmäßigen Abständen eine möglichst große Anzahl von Überkreuzungspunkten aufweisen.

5 Vorzugsweise wird die Lichtleitfaser spule so gewickelt, dass die in der Regel ungleichmäßigen Abstände zwischen den einzelnen Windungen im Mittel etwa einem halben Durchmesser der Lichtleitfaser entsprechen.

10 Eine Lichtleitfaser spule für ein faseroptisches Sagnac-Interferometer ist weiterhin gemäß der Erfindung gekennzeichnet durch einen Wickelkörper, auf den die Lichtleitfaser in unmittelbar aufeinanderfolgenden Wickellagen in einem Quadrupol-Wickelmuster mit einer Mehrzahl von unregelmäßig beabstandeten Überkreuzungspunkten in den einzelnen Wickellagen aufgebracht ist.

15 Vorzugsweise weisen die Windungen innerhalb jeder Wickellage variable Abstände auf, jedoch so, dass diese Abstände gemittelt über eine gesamte Wickellage etwa einem halben Durchmesser der Lichtleitfaser entsprechen. Auf ein Fixier- und/oder Puffermittel kann verzichtet werden, da dadurch keine weitere Verbesserung des Temperatur- und Kreuzkopplungsverhaltens erreicht wird.

20

Detaillierte Untersuchungen der Einflussfaktoren Zugspannung, Anordnung von Zwischenlagen eines Puffer- oder Fixiermittels zwischen den Wickellagen und Anzahl der auftretenden Faserüberkreuzungen auf die Temperaturtransientenempfindlichkeit und die Polarisationskreuzkopplung, insbesondere bei polarisationserhaltenden Lichtleitfasern, hat schließlich zu der mit der Erfindung realisierten optimalen Lösung geführt.

30 Vor allem zeichnet sich das erfindungsgemäße Verfahren dadurch aus, dass - im Gegensatz zu den bisherigen Annahmen und Voraussetzungen der Quadrupol-Wickeltechnik - bei einer großen Anzahl von Überkreuzungen der Lichtleitfaser die Temperaturtransientenempfindlichkeit in Richtung zu wesentlich kleineren nichtreziproken Phasenverschiebungen deutlich besser wird. Erfindungsgemäß wird die Wicklung dabei so gestaltet, dass der Bereich, in welchem die Überkreuzungen stattfinden, nicht auf einen kleinen Winkelbereich der Spule  
35 begrenzt ist, vielmehr die Orte der Überkreuzungen über den ganzen Umfang der Spule verteilt werden. Weiterhin wurde als für die Erfindung charakteristisch festgestellt, dass die Faktoren Zugspannung und Pufferlage, die bisher als signi-

- 1 fikante Einflussgrößen angesehen wurden, auf das erzielte günstige Ergebnis  
von geringer Bedeutung sind. Wird insbesondere die beim Wickeln angewendete  
Zugspannung in einem Bereich von etwa 10 cN bis etwa 20 cN gehalten, so änd-  
2 erdet sich die Polarisationskreuzkopplung zwischen den Polarisationsmoden  
5 der Lichtleitfaser nicht signifikant durch Hinzufügen oder Weglassen von elasti-  
schen Pufferlagen zwischen den einzelnen Faserlagen. Der Faktor Überkreuzun-  
gen ist hierfür von vergleichsweise geringer Bedeutung.

- Wichtig für die erfindungsgemäße Lehre ist, dass Fixier- und/oder Puffermittel  
10 nicht erforderlich sind, da sie das angestrebte Ergebnis nicht verbessern. Aller-  
dings verschlechtern sie es auch nicht. Beobachtet wurde lediglich, dass in der  
Kombination mit hoher Zugspannung, also außerhalb des zuvor genannten Be-  
reichs von etwa 10 bis 20 cN eine Verschlechterung der Polarisationskreuzkopp-  
lung auftreten kann, wenn ohne Kleber gearbeitet wird.

15

- Hinsichtlich des Verfahrens zum Herstellen von Lichtleitfaserspulen mit den  
gewünschten Eigenschaften wird die gestellte Aufgabe erfindungsgemäß mit  
folgenden fertigungstechnisch einfach zu realisierenden Wickelverfahren gelöst:  
Es wird ein Wickelkörper bereitgestellt, der an beiden axialen Enden einen  
20 Flansch aufweist. Das unter anderem aus der oben angegebenen Literatur  
bekannte Quadrupol-Wickelmuster wird zugrunde gelegt. Dabei wird die gesamte  
Länge der Faser, die auf eine Sensorspule zu wickeln ist, zunächst auf eine  
Vorratsspule gewickelt. Die Hälfte der Faserlänge wird nun von der einen  
Vorratsspule auf eine zweite Vorratsspule abgewickelt. Sodann wird die Sensor-  
25 spule von der Mitte der Gesamtfaserlänge aus gewickelt. Dabei wird zuerst eine  
Lage von der ersten Vorratsspule und sodann eine Doppellage von der zweiten  
Vorratsspule aus aufgewickelt. Abwechselnd werden nun Doppellagen von der  
ersten bzw. zweiten Vorratsspule auf die herzustellende Sensorspule gewickelt,  
bis die gesamte auf den Vorratsspulen befindliche Fasermenge aufgebraucht ist.  
30 Zum Erzeugen von vielen unregelmäßigen Faserüberkreuzungen wird die  
Steigung der Wicklung so eingestellt, dass zwischen zwei Windungen jeweils eine  
Spalte von etwa 50 % des Faserdurchmessers entsteht. Eine gewisse Welligkeit  
der Faser führt zu variablem Abstand zwischen benachbarten Windungen,  
jedoch so, dass über eine Wickellage die Abstände im Mittel etwa einem halben  
35 Durchmesser der Lichtleitfaser entsprechen. Beim Wickeln wird die Faser nicht  
durch eine bisher verwendete Zwangsführung in eine vorgegebene Position  
gezwungen. Die Windungen einer darüberliegenden Lage fallen in die so gebil-

- 1 dete Spalte. Die Positionen der Windungen der darunter befindlichen Lage können dabei verschoben werden, wodurch die Spaltabstände variabel oder unregelmäßig werden. Ab der dritten Lage wird das so entstehende Muster regellos. Es treten unregelmäßige Überkreuzungen auf. Gemäß der Erfindung sind
- 5 Fixierungs- oder Puffermittel zur Trennung der Wickellagen nicht erforderlich. Die dadurch erreichte engere gegenseitige Durchdringung der Wickellagen führt zu einer gleichmäßigeren Wärmeverteilung von jeweils gleich weit vom Mittelpunkt der Spule entfernten Faserabschnitten.
- 10 Für das erfindungsgemäße Verfahren benötigt man auf einem herkömmlichen Wickelautomaten keine Vorrichtung zum Auftragen und zum Aushärten eines Fixiermittels. Eine exakte Kontrolle der einzelnen Faserpositionen kann ebenso entfallen. Die bisher unvermeidliche Komplexität der für die Herstellung solcher Faserspulen erforderlichen Wickelmaschinen läßt sich drastisch reduzieren.
- 15 Die Erfindung und vorteilhafte Einzelheiten werden nachfolgend unter Bezug auf die Zeichnung in beispielsweise Ausführungsform näher erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1** einen Wickelkörper mit Windungen eines Lichtwellenleiters;
- 20 **Fig. 2** einen Schnitt durch die Mittenebene einer Spule mit Wickelkörper; und
- Fig. 3** eine bekannte Lichtleitfaserspule, bei welcher die Überkreuzung
- 25 von gegenläufig gewickelten Lagen in einem engen Wickelbereich liegen, wenn eine enge Lagenwicklung angewendet wird.

- Fig. 1 veranschaulicht einen Wickelkörper 1 mit endseitigen Flanschen 2 und 3. Auf dem Wickelkörper 1 sind Windungen einer Lichtleitfaser 4 aufgebracht,
- 30 wobei die dargestellten Windungen der untersten Lage einen deutlichen Abstand voneinander aufweisen. Wie die Fig. 2 erkennen läßt, kommen die Windungen einer zweiten Lage der Lichtleitfaser 4 in den Zwischenräumen 5 der ersten Lage zu liegen. Dabei werden an verschiedenen durch Hinweiszeichen 6 verdeutlichten Stellen die Windungen der unteren Lage so verschoben, dass sich die
- 35 Zwischenräume vergrößern. Dadurch wiederum verkleinert sich der Zwischenraum zu jeweils benachbarten Windungen 7. Ab der dritten Lage entsteht eine Mantelfläche der Gesamtwicklung, die sich als unregelmäßige Wickelform cha-



1   arakterisieren lässt.

Wichtig für die Erfindung ist, dass die kombinierte Anwendung eines Quadru-  
pol-Wickelmusters unter Verwendung eines Spulenkörpers und das Aufbringen  
5   der Windungen in Wickellagen in unregelmäßigen Abständen mit möglichst  
vielen Überkreuzungspunkten, und zwar ohne die Verwendung von Fixierungs-  
oder Puffermitteln, in dieser Gesamtheit zu einer sehr deutlichen Verringerung  
der durch den Shupe-Effekt verursachten nichtreziproken Phasenschiebungen  
bzw. Nullpunktverschiebungen eines mit einer solchen Faserspule ausge-  
10   statteten Interferometers führt.

15

20

25

30

35

### Patentansprüche

- 1    **1.**    Verfahren zur Herstellung einer Lichtleitfaserspule für eine faseroptische  
Messeinrichtung, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Reduzierung  
nichtreziproker Veränderungen des Lichtwegs in der Faserspule beim Wickeln  
derselben die Lichtleitfaser auf einen Wickelkörper in einem Quadrupol-  
5    Wickelmuster in unmittelbar aufeinanderfolgenden Wickellagen so aufgebracht  
wird, dass die Windungen in den einzelnen Wickellagen in unregelmäßigen  
Abständen eine möglichst große Anzahl von Überkreuzungspunkten aufweisen.
- 10    **2.**    Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Licht-  
leitfaser in jeder Wickellage so gewickelt wird, dass die in der Regel ungleich-  
mäßigen Abstände zwischen den einzelnen Windungen im Mittel etwa einem  
halben Durchmesser der Lichtleitfaser entsprechen.
- 15    **3.**    Lichtleitfaserspule eines faseroptischen Sagnac-Interferometers  
**gekennzeichnet durch** einen Wickelkörper (1), auf den die Lichtleitfaser (4) in  
unmittelbar aufeinanderfolgenden Wickellagen in einem Quadrupol-  
Wickelmuster mit einer Mehrzahl von unregelmäßig beabstandeten Über-  
kreuzungspunkten in den einzelnen Wickellagen aufgebracht ist.
- 20    **4.**    Lichtleitfaserspule nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass  
variable Abstände zwischen den Windungen in jeder Wickellage vorhanden sind,  
wobei diese Abstände im Mittel jedoch einem halben Durchmesser der Licht-  
leitfaser entsprechen.
- 25    **5.**    Lichtleitfaserspule nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet**,  
dass die erste Lage von Windungen der Lichtleitfaser (4) unmittelbar und ohne  
Fixier- oder Puffermittel auf den Wickelkörper (1) aufgebracht ist.
- 30    **6.**    Lichtleitfaserspule nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet**,  
dass ein Fixier- oder Puffermittel zwischen den Wickellagen vorhanden ist.

1/2

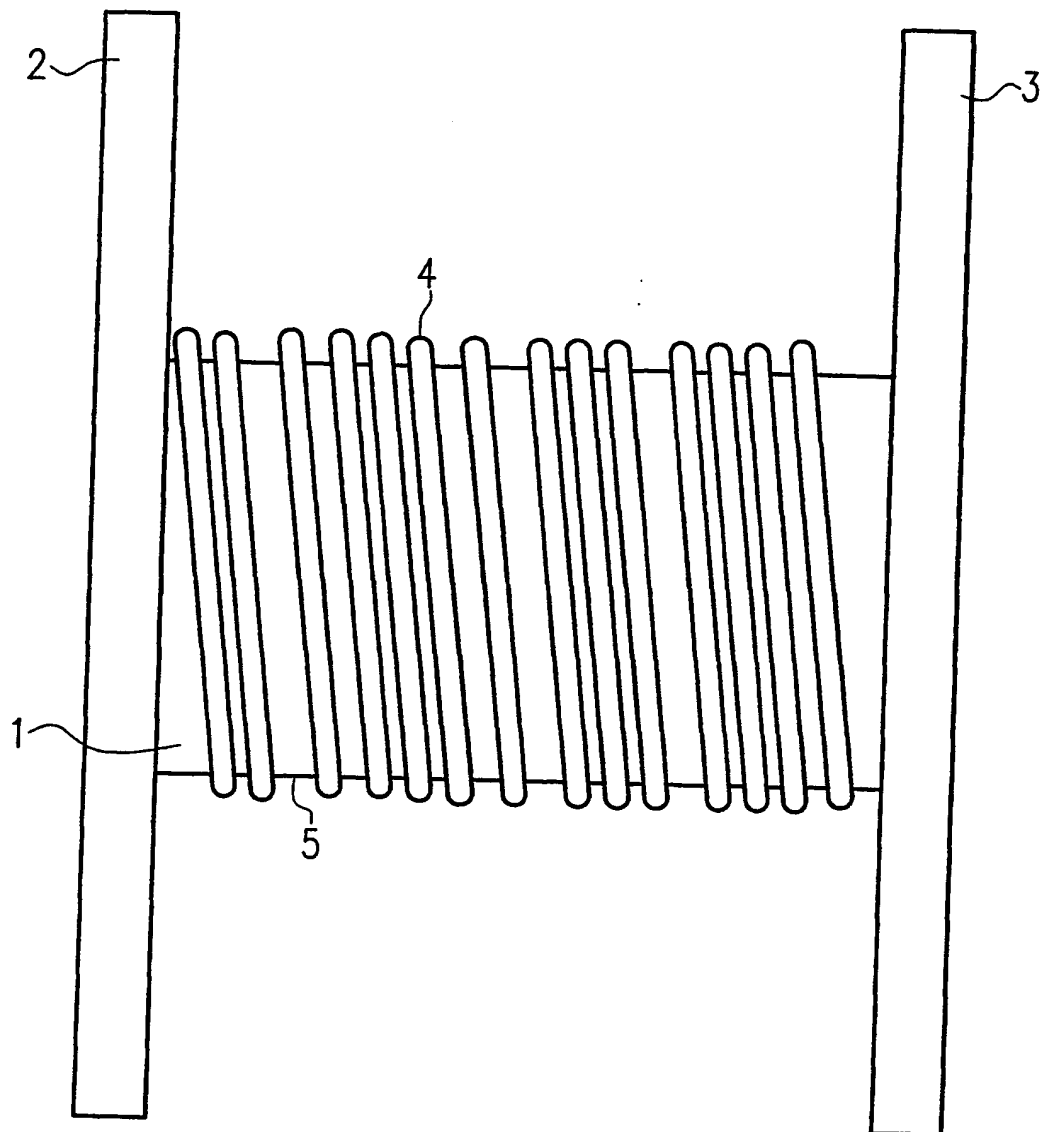


FIG. 1



2/2

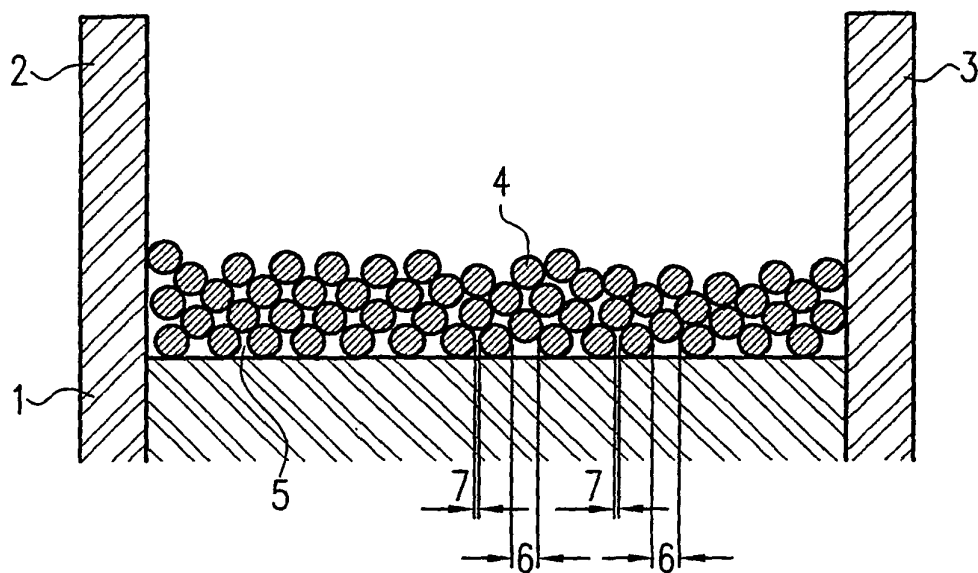


FIG. 2

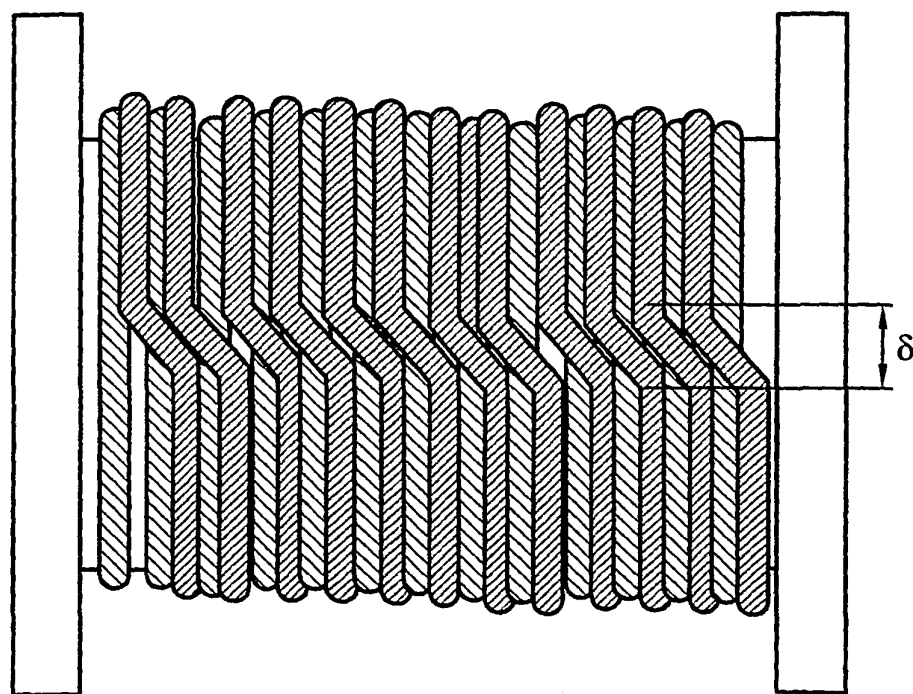


FIG. 3



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 01/05414

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G01C19/72

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G01C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

WPI Data, PAJ, EPO-Internal, INSPEC, IBM-TDB, COMPENDEX

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DYOTT R B: "Reduction of the Shupe effect in fibre optic gyros; the random-wound coil" ELECTRONICS LETTERS, IEE STEVENAGE, GB, vol. 32, no. 23, 7 November 1996 (1996-11-07), pages 2177-2178, XP006005915 ISSN: 0013-5194 cited in the application the whole document	1,3
A	DE 36 32 730 A (MESSERSCHMITT BOELKOW BLOHM) 7 April 1988 (1988-04-07) cited in the application abstract	1,3
-/--		

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents:

\*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

\*E\* earlier document but published on or after the international filing date

\*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

\*C\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

\*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*8\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

25 September 2001

Date of mailing of the international search report

05/10/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Hoekstra, F

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 01/05414

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>US 4 856 900 A (IVANCEVIC MIRKO)  15 August 1989 (1989-08-15)  cited in the application  abstract</p> <p>-----</p>	1,3



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 01/05414

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 3632730	A	07-04-1988	DE 3632730 A1	07-04-1988
US 4856900	A	15-08-1989	NONE	



# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 01/05414

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 G01C19/72

Nach der internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprinzipien (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 G01C

Recherchierte aber nicht zum Vorstandschaft gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

WPI Data, PAJ, EPO-Internal, INSPEC, IBM-TDB, COMPENDEX

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DYOTT R B: "Reduction of the Shupe effect in fibre optic gyros; the random-wound coil" ELECTRONICS LETTERS, IEE STEVENAGE, GB, Bd. 32. Nr. 23, 7. November 1996 (1996-11-07), Seiten 2177-2178, XP006005915 ISSN: 0013-5194 in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument	1,3
A	DE 36 32 730 A (MESSERSCHMITT BOELKOW BLOHM) 7. April 1988 (1988-04-07) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung	1,3

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den technischen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das schon vor dem oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

25. September 2001

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

05/10/2001

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2260 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Hoekstra, F

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 01/05414

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>US 4 856 900 A (IVANCEVIC MIRKO)  15. August 1989 (1989-08-15)  in der Anmeldung erwähnt  Zusammenfassung -----</p>	1,3

# INTERNATIONALER RESEARCHBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 01/05414

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 3632730	A	07-04-1988	DE 3632730 A1	07-04-1988
US 4856900	A	15-08-1989	KEINE	

